

Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento 177

ISSN 1678-2518
Dezembro, 2012

Manejo da Adubação Nitrogenada para o Arroz Irrigado por Aspersão



ISSN 1678-2518

Dezembro, 2012

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Embrapa Clima Temperado
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento

Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento 177

Manejo da Adubação Nitrogenada para o Arroz Irrigado por Aspersão

Walkyria Bueno Scivittaro
José Maria Barbat Parfitt
Pricila Santos da Silva
Anderson Dias Silveira

Pelotas, RS
2012

Exemplares desta publicação podem ser adquiridos na:

Embrapa Clima Temperado
Endereço: BR 392 Km 78
Caixa Postal 403, CEP 96010-971 - Pelotas, RS
Fone: (53) 3275-8267
Home page: www.cpact.embrapa.br
E-mail: cpact.sac@embrapa.br

Comitê de Publicações da Unidade
Presidente: Ariano Martins de Magalhães Júnior
Secretária-Executiva: Bárbara Chevallier Cosenza
Membros: Márcia Vizzotto, Ana Paula Schneid Afonso, Luis Antônio Suita de Castro,
Flávio Luiz Carpena Carvalho
Suplentes: Isabel Helena Verneti Azambuja, Beatriz Marti Emygdio

Supervisão editorial: Antônio Luiz Oliveira Heberlé
Revisão de texto: Ana Luiza Barragana Viegas
Normalização bibliográfica: Fábio Lima Cordeiro
Editoração eletrônica e capa: Renata Abreu Serpa (estagiária)
Foto de capa: Walkyria Bueno Scivittaro

1a edição
1a impressão (2012): 30 exemplares

Todos os direitos reservados
A reprodução não-autorizada desta publicação, no todo ou em parte, constitui violação
dos direitos autorais (Lei no 9.610)

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Embrapa Clima Temperado

Manejo da adubação nitrogenada para o arroz irrigado por aspersão / Walkyria Bueno
Scivittaro et al. – Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2012.

26 p. (Embrapa Clima Temperado. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 1678-
2518, 177)

1. *Oryza sativa* L. 2. Irrigação por aspersão. 3. Nitrogênio. 4. Adubo. 5. Estado
Nutricional. 6. Produtividade. I. Scivittaro, Walkyria Bueno. II. Parfitt, José Maria Barbat.
III. Silva, Pricila Santos da. IV. Silveira, Anderson Dias. V. Série.

Sumário

Resumo	5
Abstract	7
Introdução	9
Material e Métodos	12
Resultados e Discussão	14
Conclusões.....	21
Referências	22

Manejo da Adubação Nitrogenada para o Arroz Irrigado por Aspersão

Walkyria Bueno Scivittaro¹

José Maria Barbat Parfitt²

Pricila Santos da Silva³

Anderson Dias Silveira³

Resumo

No Rio Grande do Sul, a produção de arroz irrigado por aspersão constitui-se em alternativa ao tradicional sistema irrigado por inundação do solo, destinando-se, prioritariamente, às regiões com relevo suavemente ondulado e/ou com restrição hídrica. O novo sistema de produção requer adequações em práticas de manejo da cultura, como a adubação nitrogenada, visando à otimização do desempenho produtivo da cultura. Pelo exposto, realizou-se um estudo para avaliar a resposta do arroz irrigado por aspersão à aplicação de nitrogênio (N) e definir épocas e parcelamento da adubação em cobertura. O estudo foi realizado na safra agrícola 2011/2012, na Embrapa Clima Temperado, no Capão do Leão-RS, utilizando-se a cultivar de arroz irrigado BRS Pampa. Os tratamentos incluíram uma testemunha, sem aplicação de N em cobertura, e variações na dose do nutriente (55; 110; e 135 kg ha⁻¹ de N), no parcelamento e na época de aplicação da cobertura nitrogenada (perfilhamento, iniciação e exsέρção da panícula), sendo dispostos em delineamento de blocos ao acaso com

¹ Engenheira agrônoma, Doutora, pesquisadora da Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS, walkyria.scivittaro@embrapa.br.

² Engenheiro agrícola, Doutor, pesquisador da Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS, jose.parfitt@embrapa.br.

³ Acadêmica de Agronomia da UFPel, Pelotas, RS, pricilassilva@hotmail.com, andersonsilveira36@gmail.com.

seis repetições. Avaliou-se o teor de N e o índice relativo de clorofila na folha nos estádios de oito folhas e antese, o desempenho produtivo e a acumulação e exportação de nitrogênio pelo arroz. As principais variações no nível de N na planta, produtividade de grãos e absorção de N pelo arroz estiveram associadas à dose aplicada, aumentando proporcionalmente a esta. A influência do parcelamento e da época de aplicação de N em cobertura sobre o arroz foi secundária, embora o desempenho produtivo e a eficiência de utilização de N pela cultura sejam favorecidos pela expansão do período de adubação até a fase reprodutiva.

Palavras-chave: *Oryza sativa* L., irrigação por aspersão, nitrogênio, adubo, estado nutricional, produtividade.

Management of Nitrogen Fertilization for Sprinkler Irrigated Rice

Abstract

In Rio Grande do Sul state, the production of sprinkler irrigated rice is an alternative to the traditional flood irrigation system and it is designed primarily to regions with wavy soft relief and / or with water deficit. This new production system requires adjustments in crop management practices such as fertilization to optimize the productive performance of rice crop. We conducted an experiment to evaluate the response of sprinkler irrigated rice to nitrogen (N) fertilization and set times and split of topdressing fertilization. The experiment was carried out during the 2011/2012 growing season, in a Typic Albaqualf, at the Lowland Experimental Station of the Embrapa Temperate Agriculture, in Capão do Leão, state of Rio Grande do Sul, Brazil, using the rice cultivar BRS Pampa. The treatments included a control without N topdressing fertilization, and variations in the nitrogen rate (55; 110; and 145 kg ha⁻¹ of N), split and time of nitrogen topdressing (tillering, panicle initiation and booting). Nitrogen treatments were arranged in a randomized complete block design with six replications. We evaluated the N concentration and relative index of chlorophyll in leaves at 8-leaf and anthesis stages; productive performance of rice; and nitrogen uptake and export by rice crop. The main variations in the level of

N in the rice plant, yield and N uptake by rice were associated with the nitrogen rate, increasing proportionally to the rate. The influence of nitrogen split and time was secondary, although the yield and efficiency of nitrogen use by rice crop were benefited by expanding the period of fertilization to the reproductive phase.

Index terms: *Oryza sativa* L., sprinkler irrigation system, nitrogen fertilizer, nutritional status, grain yield.

Introdução

No Rio Grande do Sul, praticamente a totalidade da área cultivada com arroz utiliza o sistema irrigado por inundação contínua. As áreas de terras baixas tradicionalmente utilizadas com essa cultura apresentam relevo diversificado, variando desde zonas muito planas (declividade menor de 0,2%) a zonas suavemente onduladas (declividades entre 2% e 5%). Nas áreas mais onduladas, há dificuldade de implantação do sistema de sistema de irrigação por inundação, que requer grande quantidade de taipas para o controle adequado da água. A maior declividade também dificulta outros tratamentos culturais da lavoura, particularmente as operações de semeadura e colheita. Tais fatores estimularam a busca por métodos alternativos de irrigação para o arroz, dentro os quais tem se destacado o de aspersão nos sistemas pivô-central e linear, que facilitam o manejo da cultura, e ainda proporcionam grande economia de água à lavoura (PARFITT et al., 2011).

As produtividades de arroz obtidas no sistema de irrigação por aspersão podem ser comparáveis às de lavouras irrigadas por inundação. Porém, ao longo dos anos, com a manutenção do monocultivo, são comuns situações em que há redução sistemática na produtividade da cultura. Embora as causas para esse efeito não estejam integralmente esclarecidas, têm sido atribuídas ao efeito de alelopatia por autotoxicidade (GUIMARÃES et al., 2006) e à maior incidência de plantas daninhas (NISHIO; KUSANO, 1977). No sistema inundado, a redução da produtividade do arroz decorrente do monocultivo é menos pronunciada.

A substituição do sistema inundado pelo de aspersão requer, pois, a introdução de mudanças importantes ao manejo do arroz para garantir sustentabilidade à produção, como a inserção do arroz em um sistema de rotação de culturas e a adoção de plantio direto. Provoca, ainda, alterações no comportamento agrônomo da planta e no ambiente, que precisam ser melhor entendidas e trabalhadas. Por exemplo,

a resposta do arroz à adubação deve ser distinta da observada no sistema inundado, pois o fenômeno químico de aumento do potencial redox do solo proporcionada pelo alagamento não ocorre no sistema de aspersão, alterando a dinâmica e disponibilidade de nutrientes. Assim, as indicações de adubação para o arroz irrigado por aspersão podem requerer adequações em doses e no manejo dos fertilizantes, visando à otimização do desempenho produtivo e a otimização do uso de nutrientes pela cultura, uma vez que a recomendação disponível na região Sul do Brasil foi estabelecida para o sistema irrigado por inundação contínua (SOSBAI, 2012).

O aspecto descrito deve ser particularmente importante para o nitrogênio, nutriente requerido em maior quantidade pelo arroz irrigado e que proporciona os maiores retornos em produtividade (SNYDER; SLATON, 2001), mas que apresenta eficiência agrônômica baixa (raramente superior a 50%) e bastante variável (FILLERY et al., 1984). Este comportamento se deve à complexa interação de fatores que determinam o aproveitamento do nitrogênio pelo arroz, em especial as condições climáticas, o manejo da irrigação e do próprio fertilizante (WILSON JR. et al., 1998; SCIVITTARO; MACHADO, 2004).

Em razão da baixa eficiência agrônômica, o manejo da adubação nitrogenada é um dos aspectos mais intensivamente estudados na cultura de arroz irrigado. Os estudos concentram-se, porém, no sistema irrigado por inundação do solo, onde a fonte usualmente utilizada é a ureia (45% de N). O manejo atualmente preconizado consiste em aplicar uma pequena fração da dose de N recomendada na semeadura (10% a 15%) e o restante, em cobertura, parcelado entre o início do perfilhamento (cerca de 60% da dose recomendada), em solo seco antecedendo a entrada de água na lavoura, e na iniciação da panícula, quando a aplicação normalmente é feita via aérea, sobre uma lâmina de água não circulante (SOSBAI, 2012).

O manejo descrito foi estabelecido de forma a otimizar a eficiência de utilização do nutriente em lavouras irrigadas por inundação contínua,

sem onerar demasiadamente o custo de produção por repetidas aplicações. Porém, no sistema irrigado por aspersão, há a possibilidade de maior fracionamento da aplicação, via água de irrigação (RHINE et al., 2011), não implicando, pois, em aumento no custo de produção. Tal prática concorre, ainda, para o maior aproveitamento de nitrogênio pela planta e redução de perdas. Isto porque a condição aeróbica, vigente na maior parte do tempo em lavouras irrigadas por aspersão, interfere na dinâmica de micro-organismos e do nitrogênio no solo (KIND e PONNAMPERUMA, 1981; O'TOOLE e PADILLA, 1984), possibilitando a conversão do nitrogênio amoniacal à forma nítrica, que fica sujeita à desnitrificação, quando da alternância de condições aeróbicas e anaeróbicas do solo (RHINE et al., 2011; STEVENS et al., 2012).

Por ser um sistema relativamente recente, as informações de pesquisa sobre manejo da adubação nitrogenada para o arroz irrigado por aspersão ainda são muito restritas. O primeiro trabalho específico sobre o tema foi publicado recentemente por um grupo de pesquisadores da Universidade de Missouri (EUA) (RHINE et al., 2011), que, ao trabalharem por três anos com duas cultivares e um híbrido de arroz irrigado por aspersão em sistema pivô-central, determinaram doses de máxima eficiência econômica variando entre 124 e 168 kg/ha de N. Estabeleceram, ainda, como manejo para o nutriente, o parcelamento da dose em uma aplicação de ureia (25% da dose) em solo seco, no início do perfilhamento, seguida de cinco aplicações semanais consecutivas do fertilizante nitrogenado líquido URAN (32% de N), aplicado via fertirrigação.

Considerando a crescente relevância do sistema de irrigação por aspersão para algumas regiões arrozeiras do Rio Grande do Sul e a carência de informações de pesquisa que subsidiem o estabelecimento de manejo da adubação nitrogenada para esse novo sistema de produção, realizou-se o presente trabalho, que teve o objetivo de avaliar a resposta do arroz irrigado por aspersão à aplicação de nitrogênio e definir épocas e parcelamento da adubação em cobertura.

Material e Métodos

O experimento foi realizado na Estação Experimental Terras Baixas da Embrapa Clima Temperado, no Capão do Leão-RS, na safra agrícola 2011/2012, utilizando-se a cultivar de arroz irrigado de ciclo precoce BRS Pampa. Por ocasião da instalação do experimento, o solo da área experimental, um Planossolo Háplico (SANTOS et al., 2006), apresentava as seguintes características químicas na profundidade de 0 a 20 cm: pH água: 6,0; 13 g dm⁻³ de M.O. (matéria orgânica); 3,1 mg dm⁻³ de P; (26 mg kg⁻¹ de K (0,1 cmol_c dm⁻³ de K) e 3,9 cmol_c dm⁻³ de Ca+Mg.

Avaliaram-se oito manejos da adubação nitrogenada em cobertura para o arroz, envolvendo variações na dose (0; 55; 110 e 145 kg ha⁻¹ de N), parcelamento (único; duplo ou triplo) e época de aplicação (início do perfilhamento – estágio V4; iniciação da panícula – estágio R0 e exserção da panícula – estágio R3) (Tabela 1). Os tratamentos foram dispostos em delineamento de blocos ao acaso com seis repetições. As unidades experimentais compreenderam 13 linhas de plantas com 6 m de comprimento, espaçadas em 17,5 cm. Como parcela útil, consideraram-se as plantas dispostas em 4 m das nove linhas centrais. A fonte de nitrogênio utilizada foi a ureia granular (45% de N).

Tabela 1. Tratamentos de manejos da adubação nitrogenada em cobertura para o arroz avaliados, envolvendo variações na dose, parcelamento e época de aplicação do fertilizante.

Manejo do N	Época de aplicação / estágio ¹			Total
	V4	R0	R3	
	----- kg ha ⁻¹ de N -----			
M1	0	0	0	0
M2	55	0	0	55
M3	55	55	0	110
M4	70	40	0	110
M5	55	30	25	110
M6	70	75	0	145
M7	95	50	0	145
M8	70	45	30	145

¹Estádio de desenvolvimento da cultura definido de acordo com a escala de Counce et al. (2000).

Na semeadura, todas as parcelas foram adubadas com 300 kg ha⁻¹ da formulação 5-20-20, sendo esta dose estabelecida de acordo com os resultados da análise de solo e considerando uma expectativa alta de resposta da cultura à adubação (SOSBAI, 2010). Para o estabelecimento dos estádios de desenvolvimento das plantas de arroz, utilizou-se, como referência, a escala de Counce et al. (2000). A data de ocorrência da diferenciação da panícula foi estimada pelo método de graus-dia (STEINMETZ et al., 2010) e, a partir desta, considerou-se que a iniciação da panícula ocorreu com cinco dias de antecedência. O controle de plantas daninhas e demais tratos culturais seguiram as recomendações da pesquisa para a cultura do arroz irrigado (SOSBAI, 2012). Nas fases vegetativa e reprodutiva, a irrigação do arroz por aspersão em sistema linear móvel foi realizada sempre que a tensão de água do solo, medida por sensores watermark®, atingia o valor de -20 kPa. As lâminas de água aplicadas variaram de 3 mm a 12 mm, de acordo com o estágio de desenvolvimento e as condições climáticas. Ao longo do ciclo da cultura, aplicaram-se ao arroz, via irrigação, 342 mm e a precipitação foi de 175 mm.

Os tratamentos foram avaliados pelo teor de N e índice relativo de

clorofila (IRC) na folha índice (última completamente desenvolvida) e folha bandeira, medidos nos estádios de oito folhas (V8) e na floração plena (>50%), respectivamente. Para a determinação do teor de N, coletou-se a folha índice ou bandeira de 48 plantas, escolhidas ao acaso, de cada parcela, as quais foram analisadas de acordo com método preconizado por Freire (2001). O índice relativo de clorofila foi medido em clorofilômetro SPAD 502- Minolta, utilizando a folha índice ou bandeira de 20 plantas por parcela. Na maturação, determinou-se a estatura de planta, considerando-se 20 plantas por parcela, e procedeu-se à colheita do arroz, determinando-se a produtividade de grãos (13% de umidade), componentes da produtividade e o rendimento de engenho. Nesta ocasião, realizou-se, também, a amostragem de plantas para a determinação da acumulação de nitrogênio na parte aérea e a exportação pelos grãos. Esta atividade consistiu na coleta, de duas subamostras por parcela, da parte aérea das plantas de arroz dispostas em três linhas de 0,5 m de comprimento. O material vegetal foi separado em colmos e folhas e grãos, secado em estufa até massa constante e pesado para avaliação da produção de massa seca. Na sequência, foi analisado para a determinação do teor de nitrogênio no tecido vegetal (FREIRE, 2001). Com base nestes resultados e nos dados de produção de matéria seca, determinou-se a quantidade de N acumulada na parte aérea e exportada pelos grãos. Os resultados foram submetidos à análise estatística, comparando-se as médias dos tratamentos de manejo da adubação nitrogenada em cobertura pelo teste de Tukey ($P < 0,05$).

Resultados e Discussão

A análise das variáveis indicadoras do nível de nitrogênio na planta de arroz (teor de N e índice relativo de clorofila na folha (IRC) mostrou efeito do manejo da adubação nitrogenada em cobertura apenas na fase de floração (estádio R4 - antese) do arroz (Tabela 2). Atribui-se a ausência de efeito dos tratamentos sobre tais variáveis no estágio de oito folhas (V8) ao fato de refletir, apenas, o efeito da primeira cobertura com N, ao intervalo curto de tempo entre essa aplicação de N e a avaliação e, particularmente, ao menor desenvolvimento da

planta nesse estágio, minimizando as diferenças entre os manejos praticados.

Tabela 2. Teor de nitrogênio e índice relativo de clorofila (IRC) na folha de arroz cv. BRS Pampa, em função do manejo da adubação nitrogenada em cobertura. Embrapa Clima Temperado. Capão do Leão, RS. Safra agrícola 2011/2012. Dados relativos a amostragens realizadas nos estádios de oito folhas (V8) e antese (R4).

Manejo do N ¹	N / V8	N / R4	IRC / V8	IRC / R4
	----- g kg ⁻¹ -----			
M1	41,9 ^{ns}	24,6 b	30,2 ^{ns}	36,4 b
M2	39,8	25,8 ab	30,8	38,2 ab
M3	42,5	24,2 b	31,8	37,6 ab
M4	44,8	26,1 ab	30,5	37,6 ab
M5	44,0	29,0 a	30,8	38,6 a
M6	46,4	26,8 ab	29,9	37,7 ab
M7	45,2	27,0 ab	28,6	37,8 ab
M8	40,4	28,6 a	27,9	38,7 a
Média	43,1	26,5	30,1	37,8
CV (%)	8,8	8,1	8,3	3,1

¹Manejo da adubação nitrogenada em cobertura: M1- testemunha com omissão da adubação; M2- 55 kg ha⁻¹ de N em V4; M3- 55 kg ha⁻¹ de N em V4 + 55 kg ha⁻¹ N em R0; M4- 70 kg ha⁻¹ de N em V4 + 40 kg ha⁻¹ N em R0; M5- 55 kg ha⁻¹ de N em V4 + 30 kg ha⁻¹ N em R0 + 25 kg ha⁻¹ N em R3; M6- 70 kg ha⁻¹ de N em V4 + 65 kg ha⁻¹ N em R0; M7- 95 kg ha⁻¹ de N em V4 + 50 kg ha⁻¹ de N em R0; e M8- 70 kg ha⁻¹ de N em V4 + 45 kg ha⁻¹ N em R0 + 30 kg ha⁻¹ N em R3. Médias seguidas de mesma letra, nas colunas, não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5%. ns- não significativo.

Na floração (R4), maior teor foliar de N e índice relativo de clorofila na folha foram determinados para os tratamentos em que o manejo da adubação nitrogenada contemplou aplicação uma terceira cobertura com N em R3 (estádio de exserção da panícula) (M5 e M8), que ocorre poucos dias antes da antese, época em que foi realizada a amostragem de plantas para avaliação do nível de nitrogênio. O desempenho desses tratamentos diferiu, apenas, daquele determinado para a testemunha sem aplicação de N em cobertura (M1), no caso da variável IRC na folha, e também, de M3 (55 kg ha⁻¹ de N em V4 e R0), para o teor de N. Para ambas as variáveis, o efeito dos demais tratamentos foi

intermediário, não diferindo significativamente dos anteriores (Tabela 1). Dois fatores principais devem ter determinado tais resultados: o próprio manejo da adubação nitrogenada, envolvendo doses, parcelamentos e épocas de aplicação do N, e o efeito de diluição decorrente da adubação com o nutriente que, ao proporcionar maior crescimento da planta, dilui a concentração de N no tecido foliar.

Os resultados obtidos indicam sensibilidade do IRC, medido por clorofilômetro, para avaliar o nível de N na planta. Segundo Schadchina e Dmitrieva (1995), o índice fornecido pelo medidor de clorofila correlaciona-se fortemente com a concentração de nitrogênio na folha, pois 50% a 70% do N total das folhas estão associados aos cloroplastos (CHAPMAN; BARRETO, 1997). A medição do índice relativo de clorofila tem a vantagem adicional de não ser influenciada pelo consumo de luxo de N pela planta, sob forma de nitrato (BLACKMER; SCHEPERS, 1995).

Os valores médios de IRC na folha foram maiores na avaliação realizada na floração, relativamente àquela feita no final da fase de perfilhamento (V8), embora comportamento contrário tenha sido verificado para a variável teor foliar de nitrogênio (Tabela 2). Em plantas de arroz, a medida do conteúdo de clorofila correlaciona-se fortemente à concentração de N na folha, expressa por unidade de massa. No entanto, esta relação varia com o estágio de desenvolvimento da cultura e com a cultivar (TURNER; JUND, 1994), principalmente em razão da espessura ou do peso específico da folha (PENG et al., 1993).

Os resultados de desempenho da planta de arroz em resposta ao manejo da adubação nitrogenada em cobertura são apresentados nas Tabelas 3 e 4. A significância dos tratamentos restringiu-se à variável produtividade de grãos. Para esta, o principal fator determinante da produtividade do arroz foi a dose total de N aplicada em cobertura. Os tratamentos em que se aplicou 110 kg ha^{-1} de N (dose recomendada – SOSBAI, 2010) ou 145 kg ha^{-1} de N (dose 30% superior à recomendação) proporcionaram maior produtividade, relativamente

à testemunha sem cobertura nitrogenada e ao tratamento em que foi aplicada metade da dose indicada para a cultura no início do perfilhamento (M2) (Tabela 4). O efeito da época e do parcelamento do N entre o início do perfilhamento e a fase reprodutiva (iniciação da panícula – R0 e exerceção da panícula – R3) foi secundário.

Tabela 3. Estatura de planta, número de espiguetas por panícula, esterilidade de espiguetas e peso de 1000 grãos de arroz cv. BRS Pampa, em função do manejo da adubação nitrogenada em cobertura. Embrapa Clima Temperado. Capão do Leão, RS. Safra agrícola 2011/2012.

Manejo do N ¹	Prod. kg ha ⁻¹	Grãos inteiros Grãos quebrados	
		----- % -----	
M1	6521 c	61,9 ^{ns}	5,8 ^{ns}
M2	7463 bc	62,5	5,9
M3	8581 ab	62,7	5,7
M4	8668 ab	64,1	5,2
M5	8806 ab	62,8	6,0
M6	8991 a	63,3	6,0
M7	8881 ab	63,0	5,7
M8	9288 a	63,5	6,1
Média	8400	63,0	5,8
CV (%)	13,3	5,9	18,7

¹Manejo da adubação nitrogenada em cobertura: M1- testemunha com omissão da adubação; M2- 55 kg ha⁻¹ de N em V4; M3- 55 kg ha⁻¹ de N em V4 + 55 kg ha⁻¹ N em R0; M4- 70 kg ha⁻¹ de N em V4 + 40 kg ha⁻¹ N em R0; M5- 55 kg ha⁻¹ de N em V4 + 30 kg ha⁻¹ N em R0 + 25 kg ha⁻¹ N em R3; M6- 70 kg ha⁻¹ de N em V4 + 65 kg ha⁻¹ N em R0; M7- 95 kg ha⁻¹ de N em V4 + 50 kg ha⁻¹ de N em R0; e M8- 70 kg ha⁻¹ de N em V4 + 45 kg ha⁻¹ N em R0 + 30 kg ha⁻¹ N em R3. Médias seguidas de mesma letra, nas colunas, não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey em nível de 5%. ns- não significativo.

Tabela 4. Produtividade de grãos e rendimento de grãos inteiros e quebrados de arroz cv. BRS Pampa, em função do manejo da adubação nitrogenada em cobertura. Embrapa Clima Temperado. Capão do Leão, RS. Safra agrícola 2011/2012.

Manejo do N ¹	Estatura	Esp./pan.	Ester.	1.000 grãos
	cm	Nº	%	g
M1	79,1 ^{ns}	131 ^{ns}	12,0 ^{ns}	23,36 ^{ns}
M2	81,0	137	12,8	24,08
M3	82,0	151	13,6	23,58
M4	81,2	139	17,1	23,66
M5	81,1	140	15,6	23,11
M6	81,4	136	13,2	23,97
M7	81,7	134	15,1	23,57
M8	82,1	131	17,0	24,45
Média	81,2	137	14,6	23,72
CV (%)	3,5	10,0	22,3	4,5

¹Manejo da adubação nitrogenada em cobertura: M1- testemunha com omissão da adubação; M2- 55 kg ha⁻¹ de N em V4; M3- 55 kg ha⁻¹ de N em V4 + 55 kg ha⁻¹ N em R0; M4- 70 kg ha⁻¹ de N em V4 + 40 kg ha⁻¹ N em R0; M5- 55 kg ha⁻¹ de N em V4 + 30 kg ha⁻¹ N em R0 + 25 kg ha⁻¹ N em R3; M6- 70 kg ha⁻¹ de N em V4 + 65 kg ha⁻¹ N em R0; M7- 95 kg ha⁻¹ de N em V4 + 50 kg ha⁻¹ de N em R0; e M8- 70 kg ha⁻¹ de N em V4 + 45 kg ha⁻¹ N em R0 + 30 kg ha⁻¹ N em R3.

Médias seguidas de mesma letra, nas colunas, não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5%. ns- não significativo.

Os resultados do presente estudo, que se referem à cultivar BRS Pampa cultivada em sistema irrigado por aspersão, concordam com informações estabelecidas para outras cultivares de arroz irrigado produzidas no sistema inundado (SCIVITTARO et al., 2003; 2004; 2005; 2006 e 2010), reforçando constatação de que a dose nutriente fornecida à cultura é o fator preponderante na resposta do arroz à adubação nitrogenada.

A temperatura e radiação solar elevadas, vigentes na safra 2011/2012, devem ter tido papel fundamental na expressão da resposta do arroz à adubação nitrogenada (SCIVITTARO; MACHADO, 2004). Segundo Steinmetz e Mota (1974), os efeitos desses fatores são mais acentuados na fase reprodutiva, embora também sejam importantes

na fase vegetativa (MACHADO; DIAS, 1985). Ressalta-se, porém, que a dinâmica do N em sistemas irrigados por aspersão é distinta daquela vigente em sistemas inundados, com maior potencial de perdas de N por desnitrificação, razão pela qual possivelmente o manejo do nutriente aplicado em cobertura requeira modificações em relação ao sistema inundado a fim de otimizar a eficiência agrônômica da adubação, provavelmente exigindo um parcelamento maior, como preconizado por Rhine et al. (2011) e Stevens et al. (2012).

Vale acrescentar que, mesmo sob condições climáticas favoráveis, as quais predis põem maior potencial de resposta em produção do arroz à adubação nitrogenada, esta se manteve dentro dos níveis atualmente preconizados pela pesquisa, não se observando incrementos substanciais da produtividade decorrentes da elevação da dose utilizada, além da recomendação preconizada (SOSBAI, 2012). Há que se considerar, porém, que independentemente do manejo do N, não se atingiu o potencial de produtividade da cultivar BRS Pampa, que é superior a 10 t ha⁻¹ no sistema inundado, muito provavelmente em razão de deficiências no manejo da cultura, particularmente o controle de plantas daninhas e, possivelmente também, no suprimento de água, aspecto fundamental mas que ainda está sendo estudado para o sistema irrigado por aspersão. Assim, superadas tais limitações, é esperada maior resposta do arroz ao nitrogênio.

Para as demais variáveis associadas ao crescimento e desempenho produtivo do arroz, embora não se tenha havido influência do manejo da adubação nitrogenada em cobertura, constatou-se desempenho compatível com as características da cultivar BRS Pampa, destacando-se o elevado rendimento de grãos inteiros, que independentemente do tratamento foi superior a 60% (Tabela 4).

O efeito dos tratamentos de manejo da adubação nitrogenada em cobertura foi significativo para todas as variáveis associadas à absorção e exportação de nitrogênio pelas plantas de arroz (Tabela 5). Maior acumulação de nitrogênio nos colmos e folhas e na parte

aérea das plantas de arroz foi determinada para os tratamentos com utilização de dose de N 30% superior à recomendada. Observou-se, ainda, tendência de incremento na absorção de N em resposta ao aumento da proporção aplicada na fase reprodutiva. Por outro lado, o menor acúmulo de N esteve associado à omissão da adubação nitrogenada em cobertura, seguido do manejo com aplicação de metade da dose recomendada de N no início do perfilhamento. Os resultados obtidos são compatíveis com o sistema de produção em estudo, com utilização de irrigação por aspersão e consequente manutenção do solo oxidado durante a maior parte do período de cultivo do arroz. Tais condições favorecem as reações de nitrificação/destrificação (KIND; PONNAMPERUMA, 1981; O'TOOLE; PADILLA, 1984), intensificando as perdas de N do sistema solo-planta e, portanto, condicionam resposta mais pronunciada à complementação da adubação na fase reprodutiva.

Tabela 5. Nitrogênio acumulado nos colmos e folhas, grãos e na parte aérea das plantas de arroz cv. BRS Pampa, em função do manejo da adubação nitrogenada em cobertura. Embrapa Clima Temperado. Capão do Leão, RS. Safra agrícola 2011/2012.

Manejo do N ¹	Colmos e folhas	Grãos	Parte aérea
		kg ha ⁻¹	
M1	28,9 c	74,2 b	103,1 c
M2	33,5 bc	88,9 ab	122,6 ab
M3	32,3 bcb	78,4 b	110,8 bc
M4	34,9 bc	80,2 b	115,2 bc
M5	38,4 ab	102,9 a	141,3 a
M6	34,1 bc	83,8 b	117,8 ab
M7	38,2 ab	84,5 b	122,8 ab
M8	42,6 a	95,6 a	138,2 a
Média	35,4	86,1	121,5
CV (%)	15,0	13,1	14,5

¹Manejo da adubação nitrogenada em cobertura: M1- testemunha com omissão da adubação; M2- 55 kg ha⁻¹ de N em V4; M3- 55 kg ha⁻¹ de N em V4 + 55 kg ha⁻¹ N em R0; M4- 70 kg ha⁻¹ de N em V4 + 40 kg ha⁻¹ N em R0; M5- 55 kg ha⁻¹ de N em V4 + 30 kg ha⁻¹ N em R0 + 25 kg ha⁻¹ N em R3; M6- 70 kg ha⁻¹ de N em V4 + 65 kg ha⁻¹ N em R0; M7- 95 kg ha⁻¹ de N em V4 + 50 kg ha⁻¹ de N em R0; e M8- 70 kg ha⁻¹ de N em V4 + 45 kg ha⁻¹ N em R0 + 30 kg ha⁻¹ N em R3. Médias seguidas de mesma letra, nas colunas, não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5%. ns- não significativo.

Acompanhando os dados de produtividade, os resultados relativos à

exportação de nitrogênio pelos grãos mostram benefício da aplicação de maior proporção da dose de N na fase reprodutiva, particularmente até a antese. Desta forma, as maiores quantidades de nitrogênio acumuladas nos grãos estiveram associadas aos tratamentos com parcelamento triplo da cobertura nitrogenada, reservando-se uma parte para aplicação na antese. Possivelmente, esta prática garanta melhor enchimento de grãos e compense possíveis perdas do nutriente do sistema.

Os dados de absorção de N pelo arroz (Tabela 5) mostram ainda que, independentemente da dose, época de aplicação e do parcelamento da adubação nitrogenada em cobertura, a quantidade de N absorvida pelo arroz é bastante elevada, independentemente do manejo da adubação praticado, sendo cerca de 70% exportados pelos grãos. Isto demonstra a elevada demanda de nitrogênio da cultura, bem como a necessidade de reposição do nutriente exportado, via adubação e/ou pela adoção de práticas culturais que favorecem seu acúmulo. Muito embora, os resultados mostrem que fração significativa do nitrogênio absorvido pelo arroz seja suprida pelo meio de cultivo, incluindo o solo e os resíduos de cultivos anteriores.

Conclusões

O nível de nitrogênio na planta, a produtividade de grãos e a absorção de nitrogênio pelo arroz são influenciados preponderantemente pela dose do nutriente aplicada em cobertura, aumentando proporcionalmente a esta.

A produtividade de grãos e a eficiência de utilização de N pelo arroz são beneficiados pela expansão do período de adubação até a fase reprodutiva.

Referências

BLACKMER, T. M.; SCHEPERS, J. S. Use of chlorophyll meter to monitor nitrogen status and schedule fertigation for corn. *Journal of Production Agriculture*, v. 8, n. 1, p. 56-60, 1995.

CHAPMAN, S. C.; BARRETO, H. J. Using a chlorophyll meter to estimate specific leaf nitrogen of tropical maize during vegetative growth. *Agronomy Journal*, v. 89, n. 4, p. 557-562, 1997.

COUNCE, P. A.; KEISLING, T. C.; MITCHELL, A. J. A uniform, objective, and adaptive system for expressing rice development. *Crop Science*, v. 40, p. 436-443, 2000.

FILLERY, I. R. P.; SIMPSON, J. R.; DE DATTA, S. K. Influence of field environment and fertilizer management on ammonia loss from flooded rice. *Soil Science Society of America Journal*, v. 48, p. 914-920, 1984.

FREIRE, C. J. da S. Manual de métodos de análise de tecido vegetal, solo e calcário. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2001. 201 p.

GUIMARÃES, C. M.; SANTOS, A. B. de; MAGALHÃES, A. M. de; STONE, L. F. Sistema de cultivo. In: SANTOS, A. B. de; STONE, L. F.; VIEIRA, N. R. de (Ed.). *A cultura do arroz no Brasil*. 2. ed. rev. e ampl. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2006. p. 53-96.

KIND, C. S.; PONNAMPERUMA, F. N. Effects of water regime on growth, yield, and nitrogen uptake of rice. *Plant and Soil*, v. 59, p. 287-298, 1981.

MACHADO, M. O.; DIAS, A. D. Resposta do arroz irrigado (cv. Bluebelle) ao nitrogênio, em cinco anos de cultivo. In: REUNIÃO DA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO, 14., 1985. *Anais... Pelotas, EMBRAPA-CPATB*, 1985. p. 241-249.

NISHIO, M.; KUSANO, S. Problems in upland rice soil sickness. In: INTERNACIONAL SEMINAR ON SOIL ENVIRONMENT AND FERTILITY MANAGEMENT IN INTENSIVE AGRICULTURE. 1977, Tokyo, Japan. Proceedings... Tokyo: Japan Central Agricultural Experiment Station, 1977. p. 744-749.

O'TOOLE, J. C.; PADILLA, J. L. Water deficits and nitrogen uptake as affected by water table depth in rice. *Plant and Soil*, v. 80, p. 127-132, 1984.

PARFITT, J. M. B.; PINTO, M. A. B.; TIMM, J. C.; BAMBERG, A. L.; SILVA, D. M. da; BRETANHA, G. Manejo da irrigação por aspersão e desempenho da cultura do arroz. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ARROZ IRRIGADO, 7., 2011. Balneário Camboriú, SC. Anais... Itajaí: Epagri; Sosbai, 2011. v. 2, p. 461-464.

PENG, S.; GARCÍA, F. V.; LAZA, R. C.; CASSMAN, K. G. Adjustment for specific leaf weight improves chlorophyll meter's estimate of rice leaf nitrogen concentration. *Agronomy Journal*, v. 85, p. 987-990, 1993.

RHINE, M. D.; STEVENS, G.; HEISER, J. W.; VORIES, E. Nitrogen fertilization on center pivot sprinkler irrigated rice. *Crop Management*, v. 24, 12 p. 2011.

SANTOS, H. G. dos; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C. dos; OLIVEIRA, V. A. de; OLIVEIRA, J. B. de; COELHO, M. R.; LUMBRERAS, J. F.; CUNHA, T. J. F. (Ed.). Sistema brasileiro de classificação de solos. 2. ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006. 306 p.

SCHADCHINA, T. M.; DMITRIEVA, V. V. Leaf chlorophyll content as a possible diagnostic mean for the evaluation of plant nitrogen uptake from the soil. *Journal of Plant Nutrition*, v. 18, n. 6, p. 1427-1437, 1995.

SCIVITTARO, W. B.; GOMES, A. da S.; FARIAS, D. G. de; SOUZA, T. M. de; SCHAFER, G. Parcelamento e níveis de adubação nitrogenada para a cultura do arroz irrigado. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ARROZ IRRIGADO, 4.; REUNIÃO DA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO, 26., 2005, Santa Maria. Anais... Santa Maria: Orium, 2005. p. 452-454.

SCIVITTARO, W. B.; GOMES, A. da S.; FARIAS, D. G. de; ZELL, B. C. Doses e parcelamento da adubação nitrogenada para a cultura do arroz irrigado. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO, 26.; REUNIÃO BRASILEIRA SOBRE MICORRIZAS, 10.; SIMPÓSIO BRASILEIRO DE MICROBIOLOGIA DO SOLO, 8.; REUNIÃO BRASILEIRA DE BIOLOGIA DO SOLO, 5., 2004, Lages. Anais... Lages: SBSCS, 2004. 1 CD-ROM.

SCIVITTARO, W. B.; MACHADO, M. O. Adubação e calagem para a cultura do arroz irrigado. In: GOMES, A. da S.; MAGALHÃES JÚNIOR, A.M. de. (Ed.). Arroz irrigado no Sul do Brasil. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica; Embrapa Clima Temperado, 2004, p. 259-303.

SCIVITTARO, W. B.; ROSSI, F. de; NUNES, D. R.; FAGUNDES, P. R. R.; GOMES, A. da S. Manejo do nitrogênio para o arroz irrigado: doses e parcelamento da adubação em cobertura. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO, 27.; REUNIÃO BRASILEIRA SOBRE MICORRIZAS, 11.; SIMPÓSIO BRASILEIRO DE MICROBIOLOGIA DO SOLO, 9.; REUNIÃO BRASILEIRA DE BIOLOGIA DO SOLO, 6., 2006, Bonito. Anais... Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 2006. 1 CD-ROM. (Embrapa Agropecuária Oeste. Documentos, 82).

SCIVITTARO, W. B.; SILVA, C. A. S. da; GOMES, A. da S.; FARIAS, D. G. de; FERREIRA, L. H. G. Parcelamento da adubação nitrogenada para a cultura do arroz irrigado. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ARROZ IRRIGADO, 3.; REUNIÃO DA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO, 25., 2003, Balneário Camboriú. Anais... Itajaí: EPAGRI, 2003. p. 258-260.

SCIVITTARO, W. B.; STEINMETZ, S.; TEIXEIRA, J. B.; SILVA, M. T.; CASTILHOS, R. M. V. Manejo da Adubação Nitrogenada em cobertura para o arroz irrigado. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 29.; REUNIÃO BRASILEIRA SOBRE MICORRIZAS, 13.; SIMPÓSIO BRASILEIRO DE MICROBIOLOGIA DO SOLO, 11.; REUNIÃO BRASILEIRA DE BIOLOGIA DO SOLO, 8., 2010, Guarapari. Anais... Guarapari: SBSC, 2010. 1 CD-ROM.

SNYDER, C. S.; SLATON, N. A. Rice production in the United States - an overview. *Better Crops*, v. 85, n. 2, p. 3-7, 2001.

SOCIEDADE SUL-BRASILEIRA DE ARROZ IRRIGADO. Arroz irrigado: recomendações técnicas da pesquisa para o Sul do Brasil. Itajaí, 2012. 179 p.

SOCIEDADE SUL-BRASILEIRA DE ARROZ IRRIGADO. Arroz irrigado: recomendações técnicas da pesquisa para o Sul do Brasil. Porto Alegre, 2010. 188 p.

STEINMETZ, S.; MAGALHÃES JÚNIOR, A. M. de; FAGUNDES, P. R. R.; SCIVITTARO, W. B.; ALMEIDA, I. R. de; REISSER JÚNIOR, C.; DEIBLER, A. N.; MATZENAUER, R.; RADIN, B.; PRESTES, S. D.; SILVA, M. F. da. Uso de graus-dia para estimar a data de diferenciação da panícula (DP) de seis subgrupos de arroz irrigado visando à adubação nitrogenada em cobertura no Rio Grande do Sul. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2010. 75 p. (Embrapa Clima Temperado. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 121).

STEINMETZ, S.; MOTTA, F. S. Comportamento de seis cultivares de arroz submetidas a quatro níveis de adubação nitrogenada e sua relação com a radiação solar. In: REUNIÃO GERAL DA CULTURA DO ARROZ, 4., 1974, Pelotas. Anais... Pelotas: IRGA/IPEAS, 1974. p. 97-105.

STEVENS, G.; VORIES, E.; HEISER, J.; RHINE, M. Experimentation on cultivation of rice irrigate with a center pivot system. In: LEE, T. S. (Ed.) Irrigation systems and practices in challenging environments. Rijeka, Croatia: InTech, 2012. p. 233-254. Disponível em: <<http://onmirror.com/i5doo80frh1n/IrrigationSystemsPractices.pdf.html>>. Acesso em: 4 dez. 2012.

TURNER, F. T.; JUND, M. F. Assessing the nitrogen requirements of rice crops with a chlorophyll meter method. Australian Journal of Experimental Agriculture, v. 34, p. 1001-1005, 1994.

WILSON JR., C. E.; BOLLICH, P. K.; NORMAN, R. J. Nitrogen application timing effects on nitrogen efficiency of dry-seeded rice. Soil Science Society of America Journal, v. 62, p. 959-964, 1998.



Clima Temperado

CGPE 10450

Ministério da
Agricultura, Pecuária
e Abastecimento

